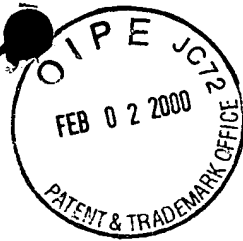


684.2935



PATENT APPLICATION

4/P. Paper
Leirs
3/2/00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
Toshiyuki YOSHIHARA) : Examiner: Unassigned
Appln. No.: 09/438,491) : Group Art Unit: 2873
Filed: November 12, 1999) :
For: ABERRATION CORRECTING) : February 2, 2000
OPTICAL SYSTEM) :

Assistant Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicant hereby claims priority under the
International Convention and all rights to which he is entitled
under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese priority
application:

No. 10-342385 filed November 16, 1998.

A certified copy of the priority document is
enclosed.

Applicant's undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our below-listed address.

Respectfully submitted,



Attorney for Applicant

Registration No. 33,326

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200
DC_MAIN #13944v1\SEW\ayr

日 本 国 特 許
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

FE29354S (1/1)
342385/1998
OCT No. 684.2935
SN. 09/438,494 H/P
Toshiyuki YOSHIHARA
ABERRATION CORRECTING
OPTICAL SYSTEM
Rev 11-12-99
3/2/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

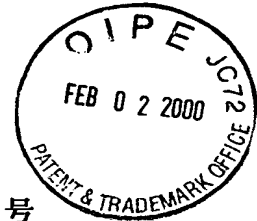
1998年11月16日

出 願 番 号
Application Number:

平成10年特許願第342385号

出 願 人
Applicant(s):

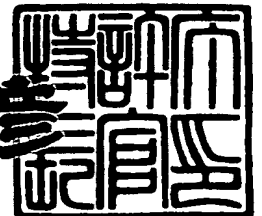
キヤノン株式会社



1999年12月10日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平11-3086984

【書類名】 特許願

【整理番号】 3603026

【提出日】 平成10年11月16日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 27/00

【発明の名称】 収差調整光学系を有した光学装置及びそれを用いた投影
露光装置

【請求項の数】 17

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
社内

【氏名】 吉原 俊幸

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100086818

【弁理士】

【氏名又は名称】 高梨 幸雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009623

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703877

【書類名】 明細書

【発明の名称】 収差調整光学系を有した光学装置及びそれを用いた投影露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 投影光学系と、その光路上に配置され、全系の諸収差を調整する収差調整光学系とを有した収差調整光学系を有した光学装置において、該収差調整光学系を構成する光学部材の少なくとも1つは、その面内の一方向にのみ屈折力を有しており、該収差調整光学系全体を、該投影光学系の光軸周りに回転可能及び任意の方向に傾動可能となるようにしていることを特徴とする収差調整光学系を有した光学装置。

【請求項2】 前記収差調整光学系は1枚の光学部材から成り、該光学部材の一方の面1aは面内の一方向にのみ屈折力を有し、他方の面1bは平面若しくは該面1aと同じ方向にのみ屈折力を有していることを特徴とする請求項1の収差調整光学系を有した光学装置。

【請求項3】 前記収差調整光学系は複数の光学部材から成り、そのうち1つの光学部材は、その一方の面2aが面内の一方向にのみ屈折力を有し、他方の面2bが平面若しくは該面2aと同じ方向に屈折力を有しており、且つその面に垂直な軸の周りに回転可能となっており、該複数の光学部材のうち2つの光学部材は、それらが成す傾き角度が互いに逆方向に互いに同じ量だけ変化可能となっていることを特徴とする請求項1の収差調整光学系を有した光学装置。

【請求項4】 前記収差調整光学系の屈折力を有する面の屈折力は最大値が $3 \times 10^{-7} \text{ mm}^{-1}$ 以下であることを特徴とする請求項2又は3の収差調整光学系を有した光学装置。

【請求項5】 前記収差調整光学系が有する光学部材の1つは、その屈折力がシリンドリカル形状の面によって与えられることを特徴とする請求項2、3又は4の収差調整光学系を有した光学装置。

【請求項6】 請求項1から5のいずれか1項の収差調整光学系を有した光学装置を用いて第1物体面上のパターンを第2物体面上に投影露光していることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 7】 収差調整光学系を有した光学装置を用いて第 1 物体面上のパターンを第 2 物体面上に該第 1 物体と第 2 物体とを相対的に走査して投影露光していることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 8】 請求項 6 又は 7 の投影露光装置を用いてレチクル面上のパターンを投影光学系によりウエハ面上に投影露光した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴とするデバイスの製造方法。

【請求項 9】 収差を変更できる収差可変光学系であって、前記光学系の光軸回りに回動でき且つ傾動できる、シリンドリカル面及び／又はトーリック面を持つ光学素子を有することを特徴とする収差可変光学系。

【請求項 10】 収差を変更できる収差可変光学系であって、前記光学系の光軸回りに回動でき且つ傾動できる、互いに直交する二方向（断面）で屈折力が異なるか一方向のみに屈折力を有する光学素子を有することを特徴とする収差可変光学系。

【請求項 11】 前記光学素子を複数個有し、該複数個の光学素子は互いに厚みが異なり、該複数個の素子の内の一つを選択的に使用できることを特徴とする請求項 9 又は請求項 10 に記載の収差可変光学系。

【請求項 12】 前記光学素子と一体的に前記光学系の光軸回りに回動でき且つ傾動できる、且つ前記光学素子と逆方向にも傾動できるシリンドリカル面及び／又はトーリック面を持つ光学素子を有することを特徴とする請求項 9 又は 10 に記載の収差可変光学系。

【請求項 13】 前記光学素子と一体的に前記光学系の光軸回りに回動でき且つ傾動でき、且つ前記光学素子と逆方向にも傾動できる平行平面を有することを特徴とする請求項 9 又は請求項 10 に記載の収差可変光学系。

【請求項 14】 前記光学素子は主として石英、蛍石等の透明材料よりなることを特徴とする請求項 9 から 13 のいずれか 1 項記載の収差可変光学系。

【請求項 15】 請求項 9 から 13 のいずれか 1 項記載の収差可変光学系と投影光学系とを有し、該投影光学系で生じる収差を前記収差可変光学系で補正することを特徴とする投影装置。

【請求項 16】 請求項 15 に記載の投影装置と露光光とを用いてマスクの

パターンを基板上に投影することを特徴とする投影露光装置。

【請求項 17】 請求項 16 に記載の投影露光装置を用いてウエハ上にデバイスパターンを転写する段階を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、収差調整光学系を有した光学装置及びそれを用いた投影露光装置に関し、例えば半導体デバイスの製造用の露光装置（マスクアライナ）等で使用される投影光学系において、その諸収差を調整し、より良好な光学特性を得るようにしたものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、IC、LSI等の半導体デバイスの高集積化に対する要求が高まっている。マスク（レチクル）の回路パターンを投影光学系により感光基板（ウエハ）上に形成し、感光基板をステップアンドリピート方式で露光する縮小型の投影露光装置（ステッパー）、あるいはマスク（レチクル）の回路パターンと感光基板をスキャン方式で露光する縮小型の投影露光装置（スキャナー）においても、高集積化に対応するため、パターン像の解像度の向上と、繰り返し投影露光するときの各パターンの重ね合わせ精度の向上がなされている。

【0003】

投影露光装置において投影パターンを繰り返し投影するときの投影解像性能や各パターンの重ね合わせ精度は投影光学系の光学性能、ステージ精度、アライメント精度等、多くの要素から成り立っている。その重ね合わせ精度に関わる重要な要素として、例えば投影光学系の投影倍率誤差やディストーション（歪曲）等がある。

【0004】

一方、近年の光学設計技術の進歩により、高い開口数と広い露光領域を有しながら、残収差の極めて少ない投影光学系を設計することが可能になってきた。

【0005】

しかし実際に製造される露光装置の投影光学系においては、設計上、残存する収差に加えて、用いられる個々の光学材料の特性、或いは光学系の加工・組立上の誤差等に起因する収差が併存する。その為、露光装置の投影光学系の製造においては、製造誤差等による投影光学系の収差を最小限にし、所望の収差量にするために一旦組み上がった後、各要素の微調整を行っている。

【0006】

収差を微調整する手段の一例として、例えば特開平1-121816号公報にはテレセントリック性を有する投影光学系の像側と、その結像面との間の光路上に透光性の平行平板からなる収差調整光学系を挿入することにより、投影光学系の球面収差と軸上コマ収差を調整する方法が開示されている。この場合、前記平行平板の厚さを変更することにより投影光学系の球面収差を調整し、また平行平板を傾動させることにより軸上コマ収差の調整を行うことが可能である。

【0007】

収差を微調整する手段のもう一つの例として、例えば特開平10-27743号公報にはテレセントリック性を有する投影光学系の像側と、その結像面との間の光路上に、屈折率と厚さが互いに等しく且つ光軸に対し互いに逆方向に互いに同じ角度だけ傾いた2枚の平行平板と、この2枚の透明平板の傾き角度を互いに逆方向に互いに同じ量だけ変える手段と、調整光学系全体を一体的に、投影光学系の光軸の周りに回転させる手段と、調整光学系全体を一体的に任意の方向に傾動させる手段を有する収差調整光学系を用いることにより、球面収差、軸上非点収差、及び軸上コマ収差を同時に調整する方法も開示されている。

【0008】

一方、露光装置における重ね合わせ誤差は、アライメント誤差成分Aと、像歪（ディストーション）誤差成分Bと、倍率誤差成分Cとの各要素の一部ないし全部の組み合わせ結果Dとして発生する。このうち、アライメント誤差成分はレチクルとウェハの相対位置調整（アライメント）で解消されうるが、像歪誤差成分Bと倍率誤差成分Cはアライメント調整では解消されず、装置に対してこれらの結像誤差の低減も強く要求されている。

【0009】

前述のような像歪誤差成分と倍率誤差成分の評価について、投影光学系の光軸のまわりに等方的で光軸から放射方向への距離 h に一次比例した成分を倍率誤差成分と定義している。一方、像歪誤差成分 B は更に、所謂 h の 3 乗に比例する成分（3 次成分） B_1 、所謂 h の 5 乗に比例する成分（5 次成分） B_2 、像面上で互いに直交する 2 つの方向で倍率が異なる成分（縦横倍率差成分） B_3 など、幾つかの成分に分類することができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

これらの像歪成分のうち縦横倍率差成分 B_3 は、光軸のまわりに回転対称である投影光学系において設計上は発生しない。しかし、レンズの製作誤差によってその面が完全な回転対称に製作されていない場合、特にレンズの曲率半径が面の周方向に沿って変化する、所謂アスが発生している場合には、一般に像歪の成分として縦横倍率差が発生する。

【0011】

製作された投影光学系の縦横倍率差を低減する従来の手段として例えば、投影光学系を構成するレンズ各面の形状を干渉計等を用いて計測し、投影光学系が有する縦横倍率差と軸上非点収差が投影光学系を構成する各エレメントで相殺され、トータルで最小となるように各レンズを光軸のまわりに回転させるシミュレーションを行い、その結果に基づいて調整を行う方法が知られている。しかしながら、この方法は縦横倍率差と軸上非点収差を同時に極めて少ないレベルに抑えることが困難であるという問題があった。また、露光装置全体が組みあがった後で、仕様を変更する等のように収差を微調整する必要がある場合には、投影光学系を再び露光装置から取り外し、分解調整作業を行うことが必要となり、多大な時間と労力を消費する等の問題があった。

【0012】

又、特開平 7-183190 号公報には第 1 物体を照明する照明光学系と、該照明光学系によって照明された前記第 1 物体の像を所定の縮小倍率のもとで第 2 物体に投影する投影光学系とを有する投影露光装置において、前記第 1 物体と前記第 2 物体との間に、前記投影光学系の光軸に対して回転非対称なパワーを持つ

光学手段を配置し、前記光学手段は、前記投影光学系に残存する前記投影光学系の光軸に対して回転非対称な光学特性を補正するために、前記投影光学系の光軸を中心に回転可能又は前記投影光学系の光軸に沿って移動可能に設けて個々の部品の精度や組立の精度を非常に厳しく抑えることなしに、投影光学系内に残存する投影光学系の光軸に対して回転非対称な光学特性を調整可能とした投影露光装置を開示している。

【0013】

しかしながら、同公報では軸上コマ収差を補正することができなかった。

【0014】

本発明は、投影光学系の軸上コマ収差等の調整を行うことに加えて、更にその結像倍率を結像面上の一方向にのみ変化させて縦横倍率差の調整を行うことのできる回転及び傾動可能なアナモフィック系より成る収差調整光学系を用いることにより、投影光学系が有する種々の収差の調整を行うのみならず、その縦横倍率差を簡便に、かつ他の結像特性に対する影響をほとんど与えることなく調整することができる高解像度及び高精度のアライメントが容易に得られ、高集積度のデバイスの製造ができる収差調整光学系を有した光学装置及びそれを用いた投影露光装置の提供を目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】

本発明の収差調整光学系を有した光学装置は、

(1-1) 投影光学系と、その光路上に配置され、全系の諸収差を調整する収差調整光学系とを有した収差調整光学系を有した光学装置において、該収差調整光学系を構成する光学部材の少なくとも1つは、その面内の一方向にのみ屈折力を有しており、該収差調整光学系全体を、該投影光学系の光軸周りに回転可能及び任意の方向に傾動可能となるようにしていることを特徴としている。

【0016】

特に、

(1-1-1) 前記収差調整光学系は1枚の光学部材から成り、該光学部材の一方の面1aは面内の一方向にのみ屈折力を有し、他方の面1bは平面若しくは

該面 1 a と同じ方向にのみ屈折力を有していること。

【0017】

(1-1-2) 前記収差調整光学系は複数の光学部材から成り、そのうち1つの光学部材は、その一方の面 2 a が面内の一方向にのみ屈折力を有し、他方の面 2 b が平面若しくは該面 2 a と同じ方向に屈折力を有しており、且つその面に垂直な軸の周りに回転可能となっており、該複数の光学部材のうち2つの光学部材は、それらが成す傾き角度が互いに逆方向に互いに同じ量だけ変化可能となっていること。

【0018】

(1-1-3) 前記収差調整光学系の屈折力を有する面の屈折力は最大値が $3 \times 10^{-7} \text{ mm}^{-1}$ 以下であること。

【0019】

(1-1-4) 前記収差調整光学系が有する光学部材の1つは、その屈折力がシリンドリカル形状の面によって与えられること。
等を特徴としている。

【0020】

本発明の投影露光装置は、

(2-1) 構成 (1-1) の収差調整光学系を有した光学装置を用いて第1物体面上のパターンを第2物体面上に投影露光していることを特徴としている。

【0021】

(2-2) 構成 (1-1) の収差調整光学系を有した光学装置を用いて第1物体面上のパターンを第2物体面上に該第1物体と第2物体とを相対的に走査して投影露光していることを特徴としている。

【0022】

本発明のデバイスの製造方法は、

(3-1) 構成 (2-1) 又は (2-2) の投影露光装置を用いてレチクル面上のパターンを投影光学系によりウエハ面上に投影露光した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴としている。

【0023】

本発明の収差可変光学系は、

(4-1) 収差を変更できる収差可変光学系であって、前記光学系の光軸回りに回動でき且つ傾動できる、シリンドリカル面及び／又はトーリック面を持つ光学素子を有することを特徴としている。

【0024】

(4-2) 収差を変更できる収差可変光学系であって、前記光学系の光軸回りに回動でき且つ傾動できる、互いに直交する二方向（断面）で屈折力が異なるか一方方向のみに屈折力を有する光学素子を有することを特徴としている。

【0025】

特に構成(4-1)又は(4-2)において、

(4-2-1) 前記光学素子を複数個有し、該複数個の光学素子は互いに厚みが異なり、該複数個の素子の内の一つを選択的に使用できること。

【0026】

(4-2-2) 前記光学素子と一体的に前記光学系の光軸回りに回動でき且つ傾動できる、且つ前記光学素子と逆方向にも傾動できるシリンドリカル面及び／又はトーリック面を持つ光学素子を有すること。

【0027】

(4-2-3) 前記光学素子と一体的に前記光学系の光軸回りに回動でき且つ傾動でき、且つ前記光学素子と逆方向にも傾動できる平行平面を有すること。

【0028】

(4-2-4) 前記光学素子は主として石英、蛍石等の透明材料よりなること。
等を特徴としている。

【0029】

本発明の投影装置は、

(5-1) 構成(4-1)又は(4-2)の収差可変光学系と投影光学系とを有し、該投影光学系で生じる収差を前記収差可変光学系で補正することを特徴としている。

【0030】

本発明の投影露光装置は、

(6-1) 構成(5-1)の投影装置と露光光とを用いてマスクのパターンを基板上に投影することを特徴としている。

【0031】

本発明のデバイスの製造方法は、

(7-1) 構成(6-1)の請求項16に記載の投影露光装置を用いてウエハ上にデバイスパターンを転写する段階を含むことを特徴としている。

【0032】

【発明の実施の形態】

図1は本発明の収差調整光学系を有した光学装置(投影装置)の基本的な光学系の光路図である。同図は投影光学系17の像面側端レンズ11と結像面12との間に回転可能でしかも傾動可能なアナモフィック光学部材(光学素子)より成る調整光学系(収差調整光学系、収差可変光学系)13を配置した状態を示している。光学素子は主として石英、蛍石等の透明材料より成っている。

【0033】

なお、図1において投影光学系17の像面側はその主光線の向きが光軸14に平行となる、射出テレセントリックに構成されている。半導体デバイス製造用の露光装置等の投影光学系は、フォーカス位置によって結像倍率が変わらないように、このような射出テレセントリックな構成としている。

【0034】

本発明は、投影光学系の結像特性を調整する収差調整光学系を互いに直交する方向で屈折力が異なる光学部材を少なくとも1つ有するように構成し、該光学部材を光軸中心に回動及び任意の方向に傾動可能となるように構成することにより、投影光学系の縦横倍率差を調整することを可能にしている。

【0035】

各光学部材面内の一方向に屈折力を与える手段としては、シリンドリカル面、あるいはBO(バイナリーオプティクス)素子等を用いることが可能である。また屈折力を与える面は、前記光学部材の像側または物体側の一面のみとしてもよく、あるいは両面が同じ方向に屈折力を有する構成としてもよい。

【0036】

1枚の光学部材（光学素子）からなる調整光学系13が、仮にその物体側の面13aと像側の面13bが共に平面で平行に配置されている場合（平行平板の場合）には、一本の主光線15は光軸14から d_0 の距離で結像面12の基準位置12aに到達する。

【0037】

本発明に係る収差調整光学系13は、物体側の面13aが平面、像側の面13bが像側に向かって凸形状の、極めて大きな曲率半径 r をもつシリンドリカル面となっている。これによって、以下に示すようにこれを回転及び傾動可能として縦横倍率差の調整を実現している。

【0038】

投影光学系17の最大像高を h_{\max} 、収差調整光学系13の硝材（材質）の屈折率を n としたとき、主光線15がシリンドリカル面13bで屈折し、それより射出するときの主光線15に対する角度 θ_0 は次式で表される。

【0039】

$$\theta_0 \doteq (n-1) \cdot h_{\max} / r \quad \cdots \cdots (1)$$

さらに、主光線16が結像面12上に到達したときの像面上の結像位置の基準位置12aからの変化量 Δd は、シリンドリカル面13bから像面の距離を S_k とすると

$$\Delta d \doteq S_k \theta_0 \doteq (n-1) \cdot S_k \cdot h_{\max} / r \quad \cdots \cdots (2)$$

となる。このときの変化量 Δd は結像倍率の変化に相当する。

【0040】

一方、シリンドリカル面13bの曲率 r を有する方向（X方向）に垂直な方向（Y方向）の位置を通過する主光線はシリンドリカル面13bと直交するため、屈折角の変化、すなわち結像倍率の変化は発生しない。以上の原理により、シリンドリカル面13bが曲率を持つ方向（X方向）にのみ結像倍率を変化させることができ、これによって投影光学系の縦横倍率差の調整を可能としている。

【0041】

本実施例において、シリンドリカル面13bから像面までの距離 S_k を36mm

、投影光学系 17 の最大像高 h_{\max} を 15.6 mm、調整光学系の材質の屈折率 n を 1.5 とし、本発明に係る収差調整光学系 13 で調整を行う縦横倍率差を最大像高位置で $0.05 \mu\text{m}$ とすると、必要なシリンドリカル面 13b の曲率半径 r は (2) 式より、約 $5.0 \times 10^6 \text{mm}$ となる。

【0042】

ここで、シリンドリカル面 13b を通過する光線に対する屈折力 ϕ は次式で表される。

【0043】

$$\phi = |(n-1)/r| \quad \dots\dots (3)$$

上記屈折力 ϕ は収差調整光学系 13 における入射側、射出側に共通の定義とし、正の値のみをとるものとする。上記実施例におけるシリンドリカル面 13b の屈折力は、式 (3) より $\phi = 1.0 \times 10^{-7} \text{mm}^{-1}$ となる。屈折力 ϕ が十分小さいときには、収差調整光学系 13 による縦横倍率差以外の収差付加量は小さく、実用上問題は生じない。しかし、屈折力 ϕ が $\phi = 3.0 \times 10^{-7} \text{mm}^{-1}$ を超えると、収差調整光学系 13 による他の収差の付加が無視できなくなる。

【0044】

一方、屈折力が十分に弱い場合に限っても、投影光学系への収差調整光学系の付加は、縦横倍率差のみならず、球面収差等、他の結像特性にも影響を与えることは明らかである。従って、投影光学系の設計時にこの収差調整光学系を考慮しておく必要がある。さらに、投影光学系の球面収差がこの収差調整光学系の肉厚に依存する性質を利用して、実際に製造した投影光学系の球面収差を測定して最適となる収差調整光学系の肉厚を決定することができる。また、投影光学系の軸上コマ収差を測定し、収差調整光学系の最適傾角を求めることにより、軸上コマ収差の調整を行うことも可能である。

【0045】

図 2 は本発明の収差調整光学系を有した光学装置として、半導体デバイス製造用の投影露光装置に適用した場合の光学系の概略を示している。本実施形態はステップアンドリピート方式やステップアンドスキャン方式の双方に適用可能なものである。

【0046】

図2において、21は光源としてのレーザー（エキシマレーザー）、22は照明光学系であり、光源21からの光束で被照射面としてのレチクル23を均一照明している。23は原板としてのレチクル、24は投影レンズであり、レチクル23面上のパターンをウエハ25に縮小投影している。25は結像面上のウエハである。

【0047】

投影レンズ24とウエハ25の間に図1で説明した収差調整光学系13を回転及び傾動可能に配置している。これによって前述の如く投影光学系24の諸収差を調整している。

【0048】

図3は本発明に係る収差調整光学系の実施形態2の要部概略図である。本実施例の収差調整光学系13は、屈折率と中心肉厚が互いに等しく且つ光軸に対し互いに逆方向に互いに同じ角度だけ傾いた2枚の光学部材311、312から成る。

【0049】

物体側に位置する第1の光学部材311は、その物体側の面311aと像側の面311bは共に平面で互いに平行に配置されており、像側に位置する第2の光学部材312は、その物体側の面312aが平面、像側の面312bが像側に向かって凸形状のシリンドリカル面となっている。

【0050】

更に片側がシリンドリカル面となっている第2の光学部材312をその平面312aに垂直な軸の周りに回転させる手段と、2枚の光学部材311、312の傾き角度を互いに逆方向に互いに同じ量だけ変える手段と、収差調整光学系13全体を一体的に、投影光学系の光軸の周りに回転させる手段と、収差調整光学系全体を一体的に任意の方向に傾動させる手段とを有している。

【0051】

本実施例の収差調整光学系を用いることにより、縦横倍率差に加えて、諸収差即ち球面収差、軸上コマ収差及び軸上非点収差等の諸収差の調整を行っている。

具体的には、実施形態 1 と同一の原理によって縦横倍率差の調整を行い、2 枚の光学部材 311, 312 の中心肉厚を変更することにより球面収差を調整し、収差調整光学系 13 全体を一体的に、投影光学系の光軸の周りに回転させ、2 枚の光学部材 311, 312 の傾き角度を互いに逆方向に互いに同じ量だけ変えることにより軸上非点収差を調整し、更に収差調整光学系 13 を一体的に傾動させることにより軸上コマ収差の調整を行っている。

【0052】

本実施形態による縦横倍率差調整の例を、図 1 を参照して更に具体的な数値を挙げて説明する。

【0053】

本実施形態において、シリンドリカル面 312b から像面までの距離 S_k を 36mm、投影光学系の最大像高 h_{max} を 15.6mm、光学部材 311, 312 の材質の屈折率 n を 1.5 とし、本発明に係る収差調整光学系 13 で調整を行う縦横倍率差を最大像高位置で $0.05\mu m$ とする。このとき必要なシリンドリカル面 312b の曲率半径 r を実施形態 1 と同様 (2) 式より求めることができ、約 $5.0 \times 10^6 mm$ となる。

【0054】

また、収差調整光学系 13 の 2 枚の光学部材 311, 312 の光軸方向の中心厚を 8mm、2 枚の光学部材 311, 312 間の空気間隔を 2mm、露光波長を 248nm、投影光学系 17 の開口数を 0.6 とすれば、2 枚の光学部材 311, 312 の傾き角度を互いに逆方向にそれぞれ $10'$ 与えたとき、投影光学系の軸上非点収差は約 $0.06\mu m$ 変化する。

【0055】

なお、本実施形態において、収差調整光学系を構成する第 1 光学部材 311 を平行平板、第 2 の光学部材 312 を片側シリンドリカル面であるとして説明を行ったが、実際はそのように限定されることはなく、第 1 光学部材を片側シリンドリカル面、第 2 光学部材を平行平板とする構成を用いてもよい。

【0056】

図 4 は本発明に係る収差調整光学系の実施形態 3 の要部概略図である。本実施

形態の収差調整光学系 13 は、屈折率と中心肉厚が互いに等しく且つ光軸に対し互いに逆方向に互いに同じ角度だけ傾いた 2 枚の光学部材 411, 412 から成る。

【0057】

物体側に位置する第 1 の光学部材 411 は、その物体側の面 412a が平面、像側の面 412b が像側に向かって凸形状のシリンдриカル面となっている。また、像側に位置する第 2 の光学部材 412 も同様に、その物体側の面 412a が平面、像側の面 412b が像側に向かって凸形状のシリンдриカル面となっている。

【0058】

本実施形態の収差調整光学系 13 では、さらにこの 2 枚の光学部材 411, 412 のそれぞれを、その平面に垂直な軸の周りに回転させる手段と、2 枚の光学部材の傾き角度を互いに逆方向に互いに同じ量だけ変える手段と、収差調整光学系 13 全体を一体的に、投影光学系の光軸の周りに回転させる手段と、収差調整光学系 13 全体を一体的に任意の方向に傾動させる手段を有している。

【0059】

本実施形態の収差調整光学系 13 では、第 1 の光学部材 411 をその平面 411a に垂直な軸の周りに、また、第 2 の光学部材 412 をその平面 412a に垂直な軸の周りに、それぞれ回転させることにより、更に縦横倍率差の大きさと方向の変化を制御することが可能となる。

【0060】

具体的には、第 1 の光学部材 411 のシリンдриカル面 411b が曲率を持つ方向を、第 2 の光学部材 412 のシリンдриカル面 412b が曲率を持つ方向に一致させたときには、縦横倍率差の変化量は最大となり、第 2 の光学部材 412 のシリンдриカル面 412b が曲率を持つ方向と直交させたときには、縦横倍率差の変化量は最小となる。

【0061】

本実施形態による縦横倍率差調整の例を、図 1 を参照して更に具体的な数値を挙げて説明する。本実施形態において、露光波長を 248nm、投影光学系の開口

数を0.6、収差調整光学系の2枚の光学部材411、412の光軸方向の中心厚を8mm、2枚の光学部材411、412間の空気間隔を2mm、第1の光学部材411のシリンドリカル面411bの曲率半径を $6.0 \times 10^6 \text{mm}$ 、第2の光学部材412のシリンドリカル面412bの曲率半径を $5.0 \times 10^6 \text{mm}$ 、第2の光学部材412のシリンドリカル面312bから像面までの距離 S_k を36mm、投影光学系の最大像高 h_{max} を15.6mm、光学部材411、412の材質の屈折率 n を1.5としてシミュレーションを行った。

【0062】

その結果、第1の光学部材411のシリンドリカル面411bが曲率を持つ方向と、第2の光学部材412のシリンドリカル面412bが曲率を持つ方向を直交させたときには、収差調整光学系が付与する縦横倍率差は0となる。

【0063】

次に、第1の光学部材411及び／又は第2の光学部材412を、それぞれの光学部材の平面に垂直な軸の周りに回転させ、第1の光学部材411のシリンドリカル面411bが曲率を持つ方向と、第2の光学部材412のシリンドリカル面412bが曲率を持つ方向を一致させると、収差調整光学系13が付与する縦横倍率差は最大となり、その時の縦横倍率差の変化量は最大像高位置で $0.11 \mu\text{m}$ となる。

【0064】

第1の光学部材411のシリンドリカル面411bが曲率を持つ方向と、第2の光学部材412のシリンドリカル面411bが曲率を持つ方向のなす角度は自由に調整することが可能であり、このとき収差調整光学系が付与する縦横倍率差は0から最大値までの間で無段階に変化する。従って、0から調整可能な最大値までの範囲内で、投影光学系で発生する任意の量及び方向の縦横倍率差を、本実施形態の収差調整光学系により調整することが可能となる。更に、実施形態2と同様に、投影光学系の球面収差、軸上コマ収差及び軸上非点収差の調整をそれぞれ独立に行うことも可能である。

【0065】

なお、以上の各実施形態において、収差調整光学系を構成する光学部材の像側

の面が屈折力を有するとして説明を行ったが、本発明はその様に限定されることはなく、物体側の面が屈折力を有する構成を用いることも、物体側及び像側の両面が同じ方向に屈折力を有する構成を用いることも可能である。

【0066】

更には、前記光学部材の一方向に屈折力を与える手段として、その形状をシリンドリカル面とすることに限定されることはなく、一次元的な屈折力を有するBO（バイナリーオプティクス）素子等を用いてもよい。

【0067】

又、収差調整光学系としてx方向とy方向で屈折力が異なるアナモフィック光学系を用いても良い。収差調整光学系に用いられる光学部材の中心厚は、5mm以下であると光学部材の自重変形の影響により付加的な収差が発生し、また30mm以上では光学部材による露光光の吸収が著しくなる為、5mm から30mmの間であることが望ましい。また、収差調整光学系が複数の光学部材からなる場合、光学系内の光の干渉によるニュートンリングの発生等を防ぐため、隣接する光学部材との間に0.1mm 以上の空気間隔を設けることが好ましい。

【0068】

また、本発明に係る収差調整光学系を搭載する投影光学系の諸元、例えば露光波長、開口数についても、前記実施例に限定されないことは言うまでもない。

【0069】

次に、前記収差調整光学系を用いた投影光学系を搭載した露光装置により、デバイスを製造する方法の実施例を説明する。

【0070】

【発明の効果】

本発明によれば以上のように、投影光学系の球面収差、軸上コマ収差等の調整を行うに加えて、更にその結像倍率を結像面上の一方向にのみ変化させて縦横倍率差の調整を行うことのできる回転及び傾動可能なアナモフィック系より成る収差調整光学系を用いることにより、投影光学系が有する種々の収差の調整を行うのみならず、その縦横倍率差を簡便に、かつ他の結像特性に対する影響をほとんど与えることなく調整することができる高解像度及び高精度のアライメント

が容易に得られ、高集積度のデバイスの製造ができる収差調整光学系を有した光学装置及びそれを用いた投影露光装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の基本的な光学系の説明図

【図 2】

本発明の実施形態 1 の要部概略図

【図 3】

本発明の実施形態 2 に係る収差調整光学系の説明図

【図 4】

本発明の実施形態 3 に係る収差調整光学系の説明図

【図 5】

本発明の半導体デバイス製造方法のフローチャート

【図 6】

本発明の半導体デバイス製造方法のフローチャート

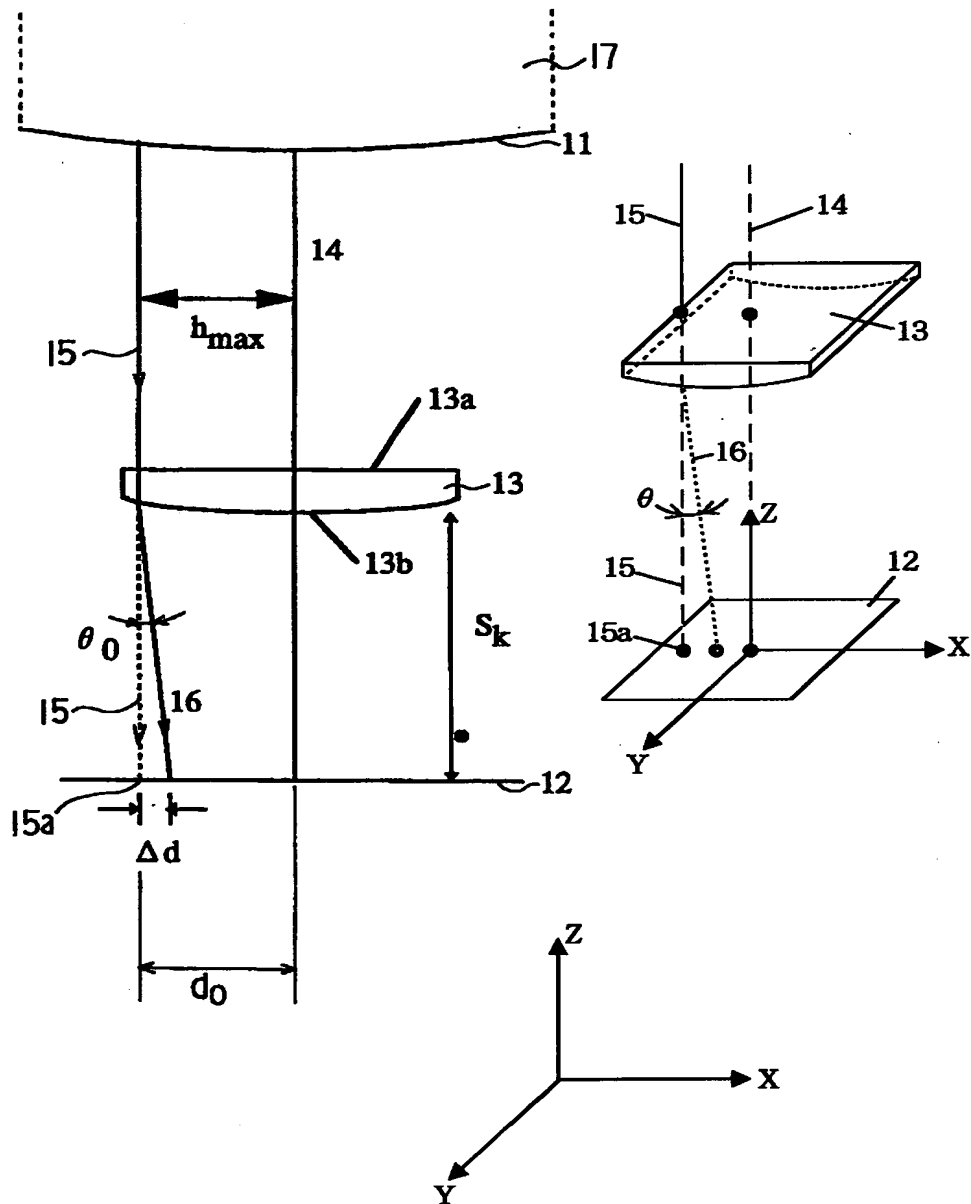
【符号の説明】

- 1 2 結像面
- 1 3 収差調整光学系
- 1 7 投影光学系
- 2 1 光源
- 2 2 照明系
- 2 3 レチクル
- 2 4 投影光学系
- 2 5 ウエハ

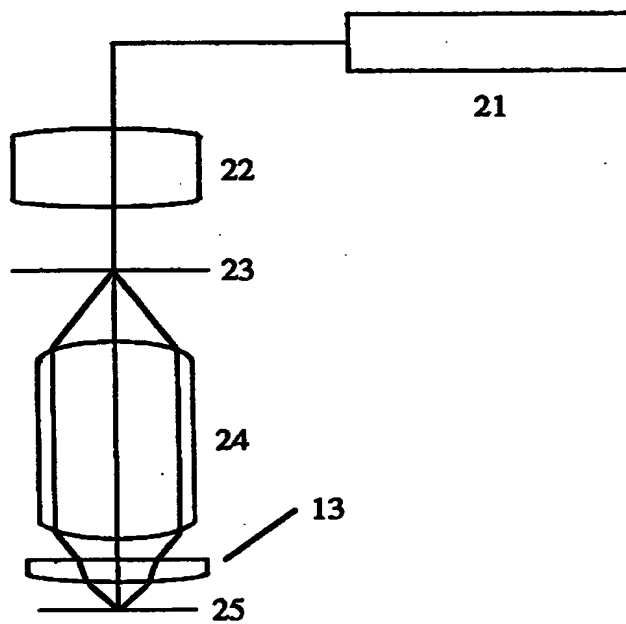
【書類名】

図面

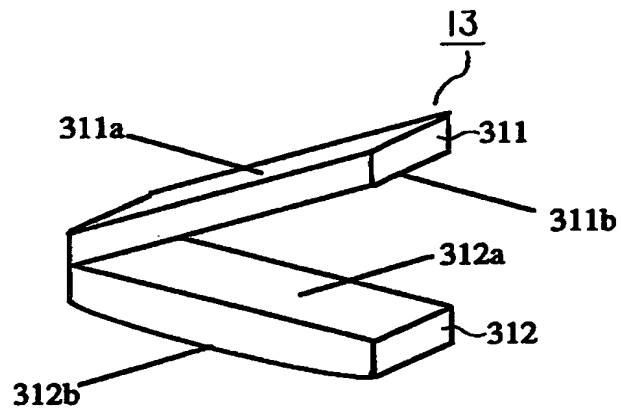
【図 1】



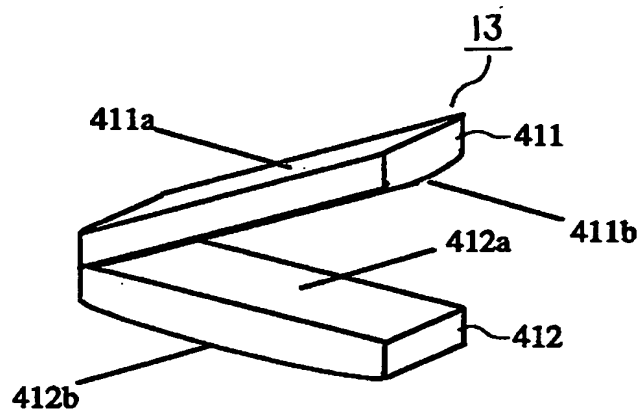
【図 2】



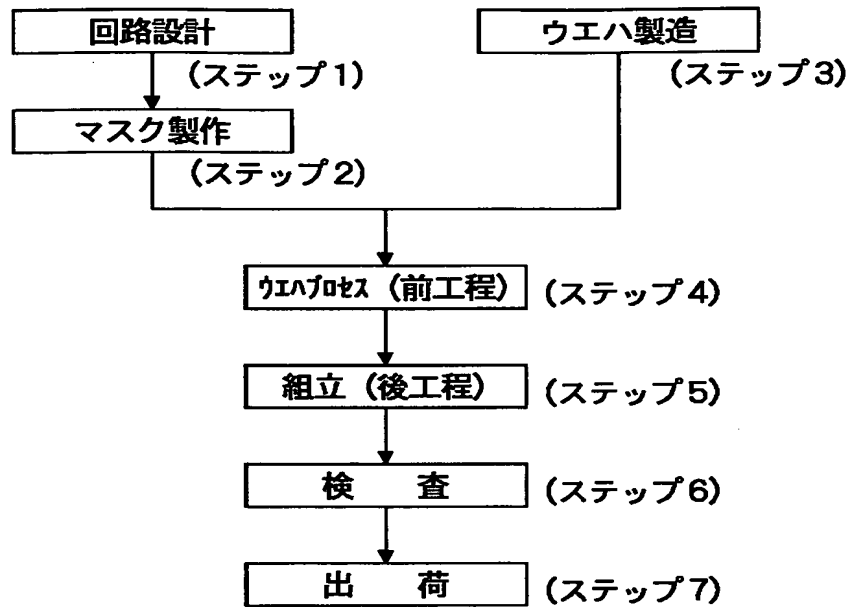
【図 3】



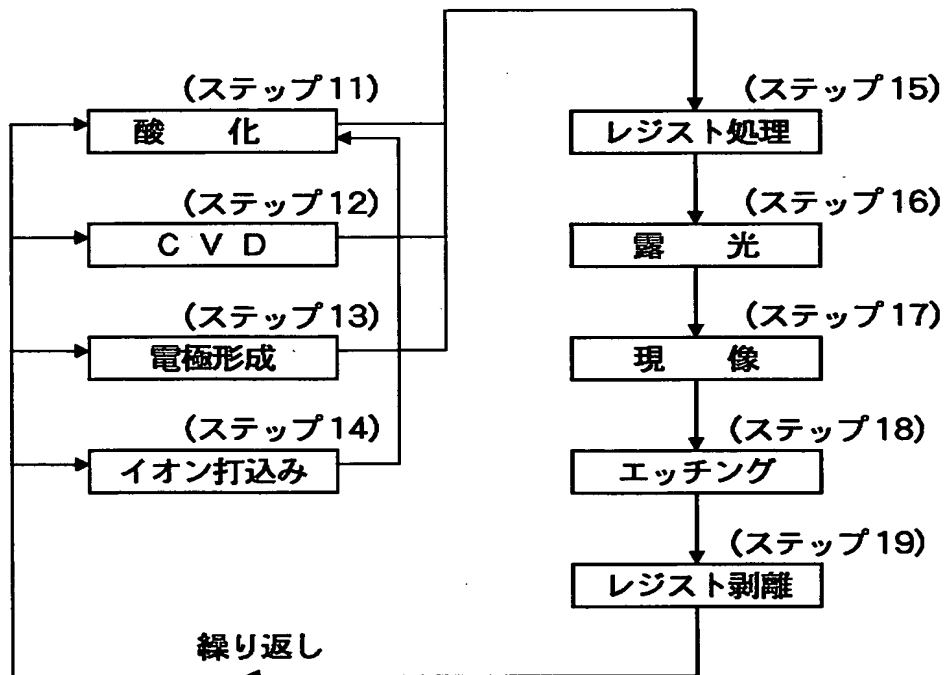
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 投影光学系の諸収差を補正し、高解像度のパターンが得られる収差調整光学系を有した光学装置及びそれを用いた投影露光装置を得ること。

【解決手段】 投影光学系と、その光路上に配置され、全系の諸収差を調整する収差調整光学系とを有した収差調整光学系を有した光学装置において、該収差調整光学系を構成する光学部材の少なくとも1つは、その面内の一方向にのみ屈折力を有しており、該収差調整光学系全体を、該投影光学系の光軸周りに回転可能及び任意の方向に傾動可能となるようにしていること。

【選択図】 図1

【書類名】

職権訂正データ

【訂正書類】

特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

000001007

【住所又は居所】

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

【氏名又は名称】

キヤノン株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】

100086818

【住所又は居所】

東京都目黒区自由が丘2丁目9番23号 ラポール

自由が丘301号 高梨特許事務所

【氏名又は名称】

高梨 幸雄

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名 キヤノン株式会社